

ESTUDIO EÓLICO DE COMPLEJO EDIFICIO EN LA CIUDAD DE NEUQUÉN

Colman, J., Scarabino A., Bacchi F., Delnero S., Martinez M. & Boldes, U.
Universidad Nacional de La Plata.
Facultad de Ingeniería – Dto. de Aeronáutica
Laboratorio de Capa Límite y Fluidodinámica Ambiental
www.ing.unlp.edu.ar/aeron/laclyfa/LACLYFA.htm
Calle 116 entre 47 y 48 – La Plata (1900) – Argentina
Tel/fax: 0054-221-4236679
jcolman@ing.unlp.edu.ar

RESUMEN: La complejidad aerodinámica de las edificaciones modernas hace necesarios estudios complementarios de confort eólico a nivel peatonal, incidencia de la estela generada por el edificio en las direcciones de viento predominantes en las adyacencias de la edificación, obtención de la distribución de presiones sobre las distintas fachadas del edificio para evaluar cargas eólicas, ventilación cruzada, zonas de succión importantes, etc.

En este trabajo se obtienen la distribución de presión y velocidades de viento para un complejo edilicio en la ciudad de Neuquén. A nivel peatonal se detectan importantes picos de velocidad cuando el viento sopla de las direcciones predominantes, generando la necesidad de algún tipo de protección eólica para lograr niveles de confort aceptables. La distribución de presiones y velocidades sobre las superficies del edificio muestra áreas en las que revestimientos, aberturas y balcones deben ser diseñados considerando especialmente el factor viento, y brinda las bases para estudios de ventilación.

Palabras clave: cargas de viento, confort eólico, turbulencia.

INTRODUCCIÓN

Uno de los mayores problemas enfrentados por la industria de la construcción durante las últimas décadas y a escala internacional, ha sido la necesidad de mejorar el planeamiento del ambiente, particularmente en cuanto se refiere a su interacción con las construcciones. Es conocido el hecho de que el ambiente de un área edificada se modifica respecto del existente antes de la implantación de las construcciones. En regiones ventosas, el viento constituye uno de los factores más importantes y decisivos de tal modificación.

Desde el punto de vista aerodinámico, todo edificio se comporta como un cuerpo inmerso en la corriente de un fluido. La presencia del edificio provoca determinada distribución de presiones y velocidades en su entorno y en su estela, distribución que gobierna los fenómenos de transporte de calor, humedad, contaminantes, lluvia, polvo y nieve en la atmósfera circundante, además, naturalmente, de los problemas generados por las cargas aerodinámicas estáticas y dinámicas sobre las estructuras. (Lawson, 1978; Morosi et al. 1972).

La ingeniería y la arquitectura especializadas en fluidodinámica ambiental tratan estos problemas a través de dos enfoques básicos:

1. Por un lado se estudia la atmósfera reinante en la baja capa límite atmosférica urbana, en la que están inmersos los seres humanos y las construcciones.
2. Por otro lado, se actúa sobre los problemas eólicos existentes y se procura la reducción de cargas y la generación de atmósferas favorables accionando sobre las características aerodinámicas del urbano. Atendiendo a estas cuestiones y dada la magnitud del emprendimiento es que el gobierno de la provincia de Neuquén exigió un estudio térmico-energético del complejo, para el cual, entre otras variables, se midieron distribución de presiones y velocidades en las diversas superficies y regiones del edificio.

Adicionalmente, con la distribución de presiones se pueden evaluar cuestiones tales como la ubicación de dispositivos de extracción natural de humos y olores, diversas alternativas para ventilación cruzada, estimar la intensidad de las cargas debidas al viento en la planta de techos, etc. (Penwarden y Wise, 1975).

La técnica de inyección de humo permite visualizar aquellos patrones fluidodinámicos a nivel peatonal que reducen el nivel de confort para los transeúntes o aquellas personas que permanezcan en las inmediaciones del edificio. Estas visualizaciones se complementan con la medición de la velocidad media e intensidad de la turbulencia mediante el empleo de técnicas de anemometría de hilo caliente. Del análisis de estos datos resulta posible establecer cuán confortable, desde el punto de vista eólico, resultará el complejo para aquellas personas que lo visitan regular u ocasionalmente y, en caso de ser necesario, proponer y ensayar modificaciones arquitectónicas destinadas a mejorar la calidad ambiental del sitio. (Cermak, 1981)

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO A ANALIZAR

El complejo, de construcción prevista en la ciudad de Neuquén, está constituido por tres bloques denominados Torre Repsol, Torre Hotel y Edificio Pymes todos ubicados por encima de locales comerciales. El conjunto edilicio, debido a su diseño, tamaño y disposición sobre el terreno en relación al entorno, justifica sobradamente la necesidad de realizar estudios eólicos complementarios. En la figura 1 se muestra un esquema en planta con la disposición de los bloques y su orientación.

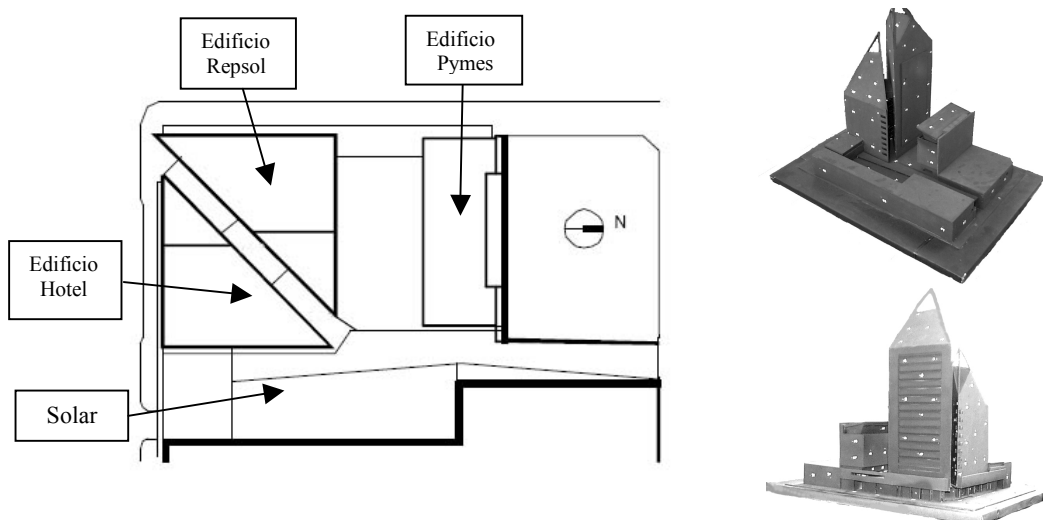


Figura 1: Vista en planta y perspectivas del complejo.

PREPARACIÓN DEL ENSAYO EN EL TÚNEL DE VIENTO METEOROLÓGICO

Para la realización del ensayo se emplea el túnel de viento meteorológico, la característica principal de este tipo de túneles es que en él se requiere la generación de una distribución de velocidades semejante a la que acontece en la capa límite atmosférica por debajo de los 150 metros de altura. Esta última es de tipo turbulento y sus parámetros varían de acuerdo con la rugosidad del terreno, la edificación, la cubierta vegetal, etc. (Kaimal y Finnigan, 1994).

Esta distribución de velocidades en el túnel se obtiene recurriendo a la utilización de grillas, perfiles deflectores, rugosidad artificial, etc. Para lograr una adecuada reproducción del fenómeno natural resulta ineludible conocer con la mayor precisión posible las características del mismo en la realidad. Es por ello que la distribución vertical de velocidades medias en el túnel de capa límite reprodujo un perfil obtenido con los datos atmosféricos de la región. Dicha distribución se ajustó a una ley de potencia representativa del viento en entornos urbanos y se presenta en la fig. 2. (Melbourne, 1978; Stathopoulos and Storms, 1986)

Cabe mencionar que puede obtenerse un mismo perfil de velocidades medias a partir de estructuras turbulentas de distinta escala espacial, pero tales datos no fueron consignados en el citado trabajo, por lo cual la búsqueda se circunscribió a la aproximación del perfil de velocidades medias. Este perfil y la variación medida de la intensidad de turbulencia en altura, junto con un ajuste numérico polinomial, se muestran en la fig. 2. (Boldes et al., 1995).

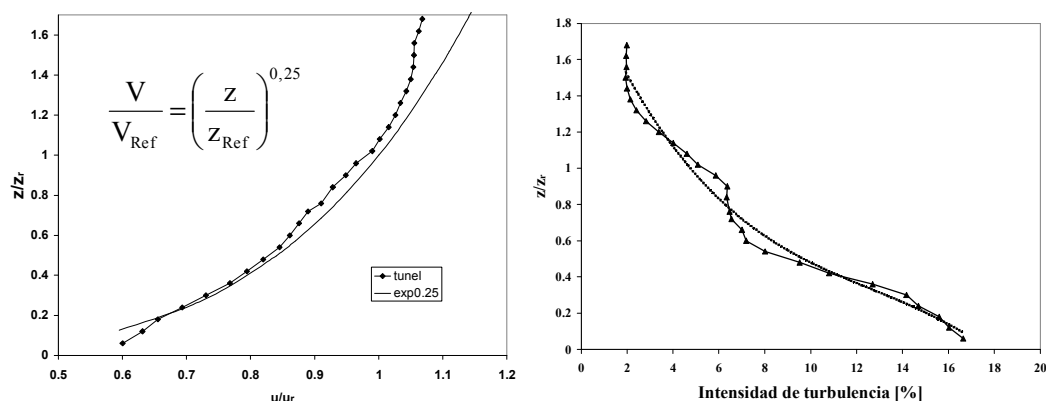
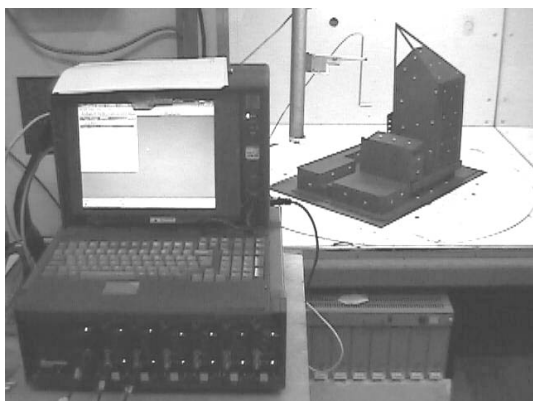


Figura 2: Perfil de velocidades medias en altura e intensidad de turbulencia en altura.

PLANIFICACIÓN Y REALIZACIÓN DEL ENSAYO EN EL TÚNEL DE VIENTO AERODINÁMICO

Una vez obtenida la capa límite turbulenta representativa de las condiciones del emplazamiento, se ubicó una de escala 1:200 del complejo a estudiar de manera tal que pudiera visualizarse y medirse el flujo para las diferentes direcciones predominantes.



Luego se visualizó el flujo por medio de inyección de humo, para las direcciones de viento predominantes (S, SO, O) (Lassig et al., 1999), con el objeto de determinar las configuraciones fluidodinámicas en el entorno del complejo, e identificar regiones con características fluidodinámicas particulares. Se analizaron particularmente aquellas configuraciones fluidodinámicas capaces de generar cargas eólicas importantes en el edificio y revestimientos, sobre las personas, plantas y elementos arquitectónicos.

Asimismo se analizaron patrones de flujo que puedan dar lugar a excesivos fenómenos de transporte de polvo.

Figura. 3: Equipamiento y modelo durante el ensayo

Se realizaron mediciones de distribución de presiones en todo el complejo para 8 direcciones de viento (N, NE, E, SE, S, SO, O, NO), presentándose la información en forma de coeficiente adimensional de presiones,

$$C_P = \frac{P - P_{Ref}}{\frac{1}{2} \rho V_{Ref}^2}$$

Las velocidades medias e intensidades de turbulencia para las componentes longitudinal y vertical a distintas alturas fueron obtenidas procesando digitalmente las velocidades instantáneas adquiridas con el anemómetro de hilo caliente Dantec 90C10 StreamLine y sensores dobles tipo X.

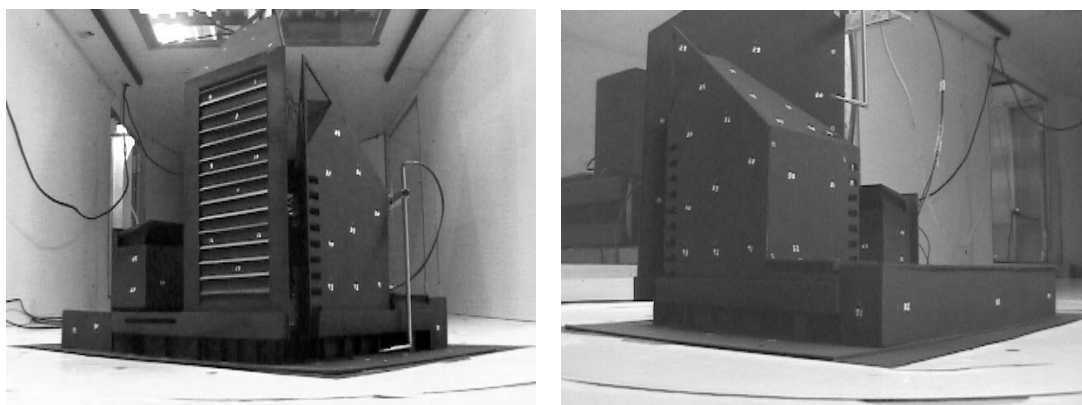


Figura. 4: Medición velocidades instantáneas a nivel peatonal y en la estela del edificio hotel

La velocidad del viento en un punto de referencia corriente arriba fue medida con un anemómetro de hilo caliente Dantec Flowmaster.

Para las direcciones de vientos predominantes, los datos de presión fueron utilizados para el cálculo de la distribución de velocidad sobre la maqueta en las zonas de “flujo adherido” (potencial), y se realizaron mediciones adicionales de velocidad instantánea para obtener velocidades medias e intensidades de turbulencia en las regiones de “flujo desprendido”, en los laterales y a sotavento de los edificios, en los espacios entre los mismos, y en regiones identificadas como problemáticas a partir de las visualizaciones en el túnel de viento. Estos valores fueron calculados para dos velocidades de viento de referencia distintas: 10 m/s (36 km/h) y 20 m/s (72 km/h). La velocidad de referencia fue medida a la altura que en la escala real corresponde a 100 m.

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS PARA LAS DISTINTAS DIRECCIONES DE LOS VIENTOS PREDOMINANTES

Viento sur

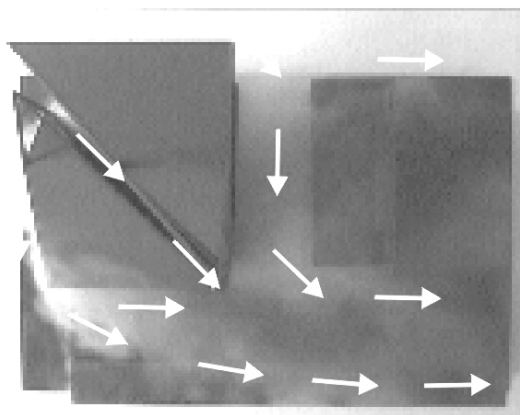


Figura 5: Visualización del flujo viento

En la figura 5 observamos que el flujo se direcciona principalmente hacia la zona del solar rodeando las torres, observándose también el flujo en el pasaje entre las mismas y el espacio entre la torre Repsol y edificio Pymes. Luego se encauza hacia el norte a través del solar y el techo de la galería.

Aquí, en la zona contigua al natatorio, en el solar, se observa una zona de fuerte reflujo en la proximidad del suelo, lo que no es compatible con una aceptable calidad ambiental eólica.

Las máximas presiones se midieron en la cara de barlovento del edificio Hotel, encontrándose ahí un punto de remanso en la que se midió el máximo C_p de 0,97. A excepción de una franja contigua a los bordes del edificio, toda la fachada Sur está en sobrepresión, con baja velocidad relativa de viento. El muro-techo vidriado a 45 grados está en succión, registrándose la mínima presión sobre el edificio un $C_p = -0,96$.

En el pasillo entre las dos torres se midieron, mayormente, C_p s levemente positivos, a excepción de una región cerca del borde de sotavento, que experimenta la succión generada en el solar detrás de las torres. La fachada Este está en succión ($C_p \sim -0,3$), permitiendo la posibilidad de ventilación cruzada entre la misma y el espacio entre las torres, en dirección oblicua al viento incidente.

En la torre Repsol se genera una importante succión en la fachada Oeste y en el techo inclinado, y sobrepresión en la cara SE, excepto nuevamente en el borde de salida, características aprovechables para sistemas de ventilación natural.

En el techo del edificio Pymes se midieron coeficientes de presión negativos, del orden de $C_p = -0,4$. Mientras que en la fachada lateral O del edificio se midieron presiones iguales a la de referencia ($C_p \sim 0$), la cara lateral E está en succión, con C_p s de orden $-0,3$, lo que amplía las posibilidades de ventilación natural en la dirección E-O.

A nivel peatonal, se presentan aceleraciones importantes a nivel del Solar ($V/V_{ref} \sim 1$) en la salida del pasillo entre las torres, en la confluencia del flujo allí canalizado y el vórtice que se genera entre la torre Repsol y el edificio Pymes, haciendo altamente recomendable la utilización de sistemas de protección eólica.

En los puntos correspondientes a los alrededores de la salida del pasaje central entre ambas torres, las velocidades medidas con esta dirección de viento fueron del orden del 40 % de la velocidad de referencia, con altas intensidades de turbulencia (44%). En días de fuertes vientos pueden generarse problemas de confort y de ráfagas intensas.

En el solar no se midieron velocidades elevadas a nivel peatonal, pero sí intensidades de turbulencia moderadamente altas, por lo que debe considerarse la posibilidad de ráfagas intensas en días de fuertes vientos de esta dirección.

Viento suroeste

Las caras S y O están en sobrepresión. El espacio entre los edificios está en sobrepresión alcanzando valores del coeficiente de presiones de aproximadamente 0,88. No se detectan sobre los edificios valores de succión mayores a $C_p = 0,49$, pero se destaca la importante zona de succión en el espacio entre el edificio Repsol y el edificio Pymes, asociada a la fuerte intensidad del viento local.

Se observa, en la figura 6, una fuerte aceleración del flujo en el espacio entre edificios principales, además se puede ver un comportamiento particular en la zona del solar, direccionándose el flujo no solamente hacia el Norte, sino también tendiendo a escapar hacia el Este por los edificios contiguos. Se observa que el pasaje entre los edificios principales y el complejo anexo genera velocidades importantes en la dirección Oeste-Este en el espacio entre los edificios Repsol y Pymes.

Se evidencian fuertes velocidades del viento ($V/V_{ref} > 1$) en los entornos de la toma de presión a la salida del pasaje, al nivel del suelo en la zona del solar, observándose un reflujo en dicha región. Las visualizaciones de flujo indican la presencia de un intenso vórtice de eje horizontal E-O generado entre los edificios Repsol y Pymes.

Para estas configuraciones, las cuales son de principal incidencia en la zona, se desprende de los análisis que tanto la zona parqueada entre los edificios principales y el edificio Pymes como la zona correspondiente al solar contiguo al natatorio y

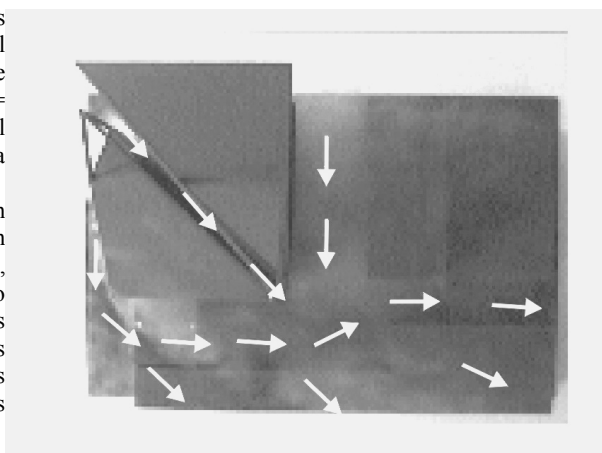


Figura. 6: Visualización del flujo viento Sudoeste

que involucra el techo de la galería de planta baja, se deben considerar elevadas velocidades de velocidad media del viento, y altos picos de ráfagas.

Adicionalmente, dada la aceleración que sufre el flujo en la convergencia de la ranura y el espacio entre los edificios Repsol y Pymes, es posible, dependiendo de la terminación superficial, que el viento local presente vibraciones en frecuencias audibles capaces de deteriorar la calidad ambiental.

Al nivel de la calle, se detectan aceleraciones en las fachadas S y O, con valores de V/V_{ref} entre 0,47 y 0,62. Debe recordarse que la velocidad de referencia se mide a la escala correspondiente a 100 m de altura.

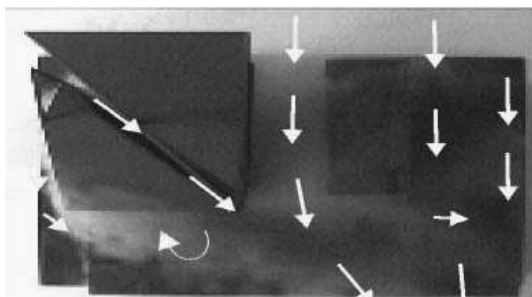
Viento oeste

La configuración fluidodinámica entorno a los edificios para esta dirección del viento presenta un punto de remanso a una altura mayor, sobre la fachada Oeste de la torre Repsol, mientras que la fachada Norte de la torre Repsol presenta los mínimos valores de presión.

El techo del edificio Pymes y la fachada N de la torre Repsol, presentan valores importantes de succión para esta dirección de viento, con valores de C_p de -1,15 y -1 respectivamente.

Las mediciones de velocidad en el corredor O-E entre ambos edificios dan valores de $V/V_{ref} = 0,63$ a nivel peatonal en el solar, creciendo con la altura hasta 1,7 a la altura del techo del edificio Pymes y valores más altos por arriba.

La fachada S está también en succión. Las posibilidades de ventilación cruzada en la torre Hotel se reducen con viento del Oeste, ya que las tres fachadas se encuentran en la estela de la torre Repsol, con C_p negativos del mismo orden.



A sotavento de la torre Repsol a la salida del corredor entre las torres Hotel y Repsol, se genera un intenso vórtice de eje vertical, que produce el patrón de circulación indicado en la figura 7. La recirculación inducida por esa configuración hizo imposible obtener datos de viento confiables a la altura del solar. En la misma zona se registraron valores de succión con $C_p = -0,39$. Los valores de velocidad a nivel peatonal medidos en indican una aceleración del flujo en esos puntos, perjudicial para el eólico en esos sectores.

Figura. 7: Visualización del flujo viento O

DIRECCIONES DE VIENTO MENOS FRECUENTES

Para las restantes direcciones del viento, de ocurrencia menos frecuente, sólo se destacan los aspectos más relevantes de la distribución de presiones en la edificación.

Viento sudeste

Se detectan puntos de remanso en la fachada SE de la torre Repsol, y en la fachada S del edificio Hotel. Las fachadas S y E del edificio Hotel presentan sobrepresión, igual que el muro-techo vidriado del mismo edificio. Se presentan elevados coeficientes en succión en el techo del edificio Pymes. Todo este edificio está en succión excepto la fachada E, con $C_p = 0,6$. Las bajas presiones en el espacio entre las torres y el edificio Pymes sugieren una canalización y aceleración del flujo en este sector.

Viento este

Existen puntos de remanso con alta presión en la fachada Este del edificio Hotel y en la fachada SE de la torre Repsol. También se genera alta presión en la fachada E del edificio Pymes. Las zonas de máxima succión se encuentran en el techo del edificio Pymes y la cara N de la torre Repsol.

Viento noreste

Se genera sobrepresión en la fachada N de la torre Repsol y en la fachada E del edificio Hotel, como también en el techo del edificio Pymes y en el espacio entre este y la torre Repsol.

Puede ser un indicio de una configuración de viento descendente sobre este sector. Resultan llamativos los picos de succión a nivel peatonal en las esquinas NO y SE. Pueden deberse a vórtices localizados en esas esquinas.

Viento norte

Hay sobrepresión en la cara N de la torre Repsol, en las tomas por arriba de la altura del edificio Pymes. Por otro lado, la cara O de la misma torre presenta altos valores de succión.

Hay sobrepresión también en el frente (S) del edificio Pymes y en el espacio entre éste y la torre Repsol, sugiriendo viento descendente en la cara N de la torre.

Viento noroeste

Hay sobrepresión en las caras N y O de la torre Repsol y la cara O del edificio Pymes. El edificio Hotel, en la estela de la torre, presenta succión en todas las caras, siendo más intensa en la cara E. Hay un pico de succión a nivel peatonal en la esquina NE, indicador de un vórtice local, y otro de intensidad más moderada en la esquina SE.

CONCLUSIONES

Se realizó un estudio experimental en túnel de viento de capa límite sobre un modelo a escala de un complejo edilicio. Las tres velocidades predominantes de viento, S, SO y O generan en el solarium a nivel peatonal, regiones de alta velocidad media, y otras con alta intensidad de turbulencia (alta intensidad de ráfagas), que no sólo afectan el necesario confort sino que por sus características constituyen un ámbito inadecuado para la implantación de vegetación. Se recomienda introducir elementos de protección eólica artificial complementadas eventualmente con la plantación de especies vegetales que en combinación con esas protecciones artificiales, se desarrollen adecuadamente.

Cabe hacer notar que a niveles bajos del edificio, una modificación de la geometría de las aristas del edificio y algunos cambios de la rugosidad externa, podrían aportar a la mejora del ambiente eólico.

Del análisis de distribución de presiones en cada torre para las direcciones de viento dominantes surge que es posible plantear sistemas eficientes de ventilación natural en la mayoría de los casos, así como identificar áreas que presentan succión en las tres direcciones, aptas para ubicar las rejillas y sombreretes reglamentarios para ventilación sanitaria, ventilación de locales con artefactos a gas, salidas de calefactores y toda otro tipo de extracción de fluidos. En caso contrario podrían inhabilitarse dichas ventilaciones o peor aún producirse retornos al interior de locales o cámaras de combustión. Esto haría que por ejemplo los malos olores de núcleos sanitario ingresen a locales principales o provocarían el apagado de quemadores.

Si bien dentro del espacio entre las torres no se detectaron valores de velocidad muy altos, la influencia de la corriente que se genera en ese sitio es crítica en la salida, donde el flujo interactúa con el viento que rodea las torres, generando en ese sector altas velocidades medias y fluctuantes y bajas presiones. Este efecto se registra tanto a nivel peatonal como a mayores alturas, y debe ser tenido en cuenta en el diseño y cálculo de revestimientos y carpinterías.

En las zonas donde se producen fuertes succiones debería ubicarse con precaución ventanas y balcones, ya que el riesgo de accidentes es elevado.

El techo del edificio Pymes presenta valores considerables de C_p negativos, lo que debe tenerse en cuenta en el diseño estructural.

REFERENCIAS

- Lassig J. L., Cogliati M.G., Bastanski M.A., Palese C. (1999). Wind characteristics in Neuquén, North Patagonia, Argentina” – *J. Wind Eng. & Indus. Aer.* 79, 1- 2, pp. 183-199.
- Melbourne W.(1978). Criteria for environmental wind conditions, *J. Ind. Aerodyn.* 3 pp. 240–248.
- Stathopoulos T. and Storms R. (1986). Wind environmental conditions in passages between buildings, *J. of Wind Eng.& Indu. Aer.*
- Boldes U., Colman J., Nadal Mora V. (1995). The Boundary Layer Wind Tunnel at the Faculty of Engineering, University of La Plata, Argentina. *Latin American Applied Research* 25, 75-85.
- Cermak, J. E. (1981). Wind tunnel design for physical modeling of atmospheric boundary layers, *Journal of American Society of Civil Engineers*, Vol. 107, No. EM3, June 1981
- Lawson, T.V.: Wind tunnel investigations. EN: Special issue of the journal of industrial aerodynamics (1978). The wind content of the built environment. Paper 7, vol 3, July 1978. Amsterdam 1978: 177 – 186.
- Morosi, J.A., Boldes, U., Colman, J (1992). El factor eólico en el diseño ambiental. Lacyfa U.N.L.P., LITA – CIC., 1992.
- Penwarden, A.D. & A.F.E Wise (1975). Wind environment around buildings. London, BRE report, 1975: 46-51.
- Kaimal J. C y Finnigan J. J. (1994), *Atmospheric Boundary Layer Flows*, Oxford University Press

ABSTRACT: During the last years, the size and complexity of buildings have experienced a notorious increment that made it necessary to perform some complementary studies. Among them, we can mention studies of energetic balance, aeolian comfort at street level, studies of the wake generated by buildings in the predominant wind directions, and of the pressure distribution over the building faces.

In this work, we obtain the pressure and velocity distributions for a modern building complex in Neuquén, in order to evaluate wind loads, cross ventilation possibilities, strong suction zones, aeolian comfort, etc. High velocity peaks were measured at pedestrian level for the prevailing wind directions, what makes evident the necessity of some aeolian protection in order to reach acceptable comfort levels. The pressure and velocity distributions of the buildings show areas for which cladding must be designed considering the wind factor carefully, and bring the basis for studies of ventilation.

Keywords: Wind loads, Aeolian Comfort, Turbulence.